

コンクリート堰の水叩き下流側での河床低下対策に対する石組み設置の影響

Effect of installation of consecutively assembled boulders against riverbed protection below apron of concrete weir

日本大学理工学部土木工学科 正会員 安田 陽一
日本大学大学院理工学研究科土木工学専攻 学生会員 ○鈴木 俊太郎

1. はじめに

可動堰や固定堰等の水叩きを有する河川構造物下流側では、洪水流が生じた際に局所的な洗掘から河床低下が生じている。利水堰や床止め等の落差を有する河川構造物周辺の流況は、河川流量と落差下流側の水深との関係に依存し、落差下流側の河床保護の視点から、各流況の流速特性を把握することが重要である¹⁾。本研究室では、落差直下流部に形成される跳水に関して、限界水深（流量）に対する落差高さ（以下、相対落差とする）が小さい条件下では、落差下流面の形状に依らず跳水部下流側まで主流が底面に位置する、すなわち河床への負担が大きいことが篠崎ら^{2,3)}によって明らかにされている。このため、主流が底面付近に位置する結果、水叩き下流側では、局所洗掘が生じ、河床低下が生じるものと推定される。従来の護床ブロックによる洗掘対策はブロックの重さによる対策であり、形状抵抗による主流の偏向を目的としていないことから、河床低下対策として不十分であると考えられる。また、著者ら⁴⁾により、可動堰における局所洗掘対策について、石組みを用いることによる河床保護の有効性が示されている。

本研究では、固定堰の場合を対象に水叩き下流側での河床洗掘への護床区間として、石組みを設置する区間の長さについて、流量規模が大きい場合の河床低下対策が可能である領域を実験的に検討した。

2. 実験概要

実験では、矩形断面水平水路（水路幅 $B = 0.80$ m, 水路高さ 0.60 m, 水路長さ 15 m）に固定堰を模した落差模型（横断方向長さ 0.796 m, 落差高さ $H = 0.10$ m, 流下方向長さ $L = 1.0$ m）を設置し、低落差下流側に水叩き $\ell = 0.463$ m を設置し、可動堰の場合⁴⁾と同様に水叩き下流端から $L_s = 0.85$ m にわたり、護床区間として石組みを行った。また、石組み下流端から平

均 1.6 cm 程度の碎石を厚さ $5 \sim 6$ cm で設置区間 $L_g = 1.00$ m とした。記号の定義図を図 1 に示す。水理条件は、相対落差 H/dc (H : 落差高さ, $dc = \sqrt[3]{q^2/g}$: 限界水深, q : 単位幅流量, g : 重力加速度), フルード数 $Frd (= q/\sqrt{ghd}$, hd : 下流水深) とし、表 1 に示す実験条件に設定した。水深および移動床の測定には、ポイントゲージ ($1/10$ mm まで判読可能) を用いた。また、流速の測定は KENEK 社製の 2 次元 I 型電磁流速計 (測定時 120 sec, 測定間隔 0.05 sec (20 Hz)) を用いた。

3. 水叩き下流側の河床形状と護床工長さ

図 2 に各測定断面における水面形状および通水前と通水後での河床形状について示す。河床形状について、通水前後の河床再現区間の河床形状は、 $y/(B/2) = 0.00, 0.75$ のどちらにおいても大きな変化は見られない。石組み直下において、わずかな洗掘が見られるものの、局所的な深掘れが生じることもなく、河床低下対策として、石組みが有効である。水叩き直下流側

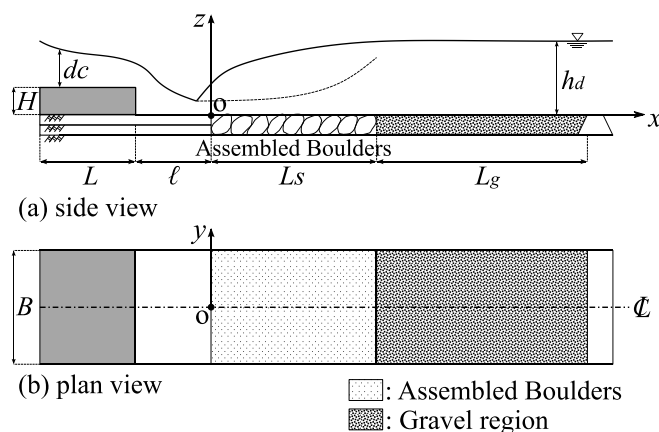


図 1 記号定義図

表 1 水理条件

q (m^2/s)	ℓ/dc	dc/H	Ls/dc	Frd
1.14.E-01	4.23	1.10	7.76	4.42.E-01

キーワード 水叩き, 洪水流, 固定堰, 石組み, 河床保護

連絡先 〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14 TEL ; 03-3259-0409 E-mail ; yasuda.youichi@nihon-u.ac.jp

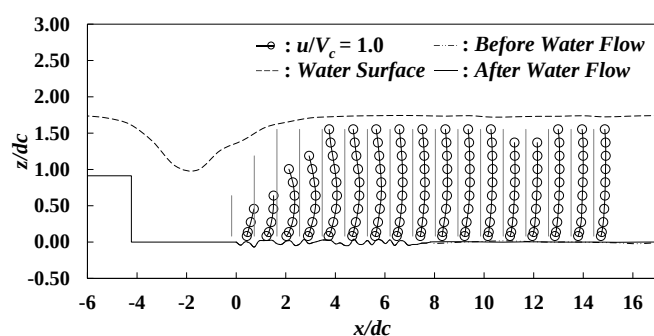
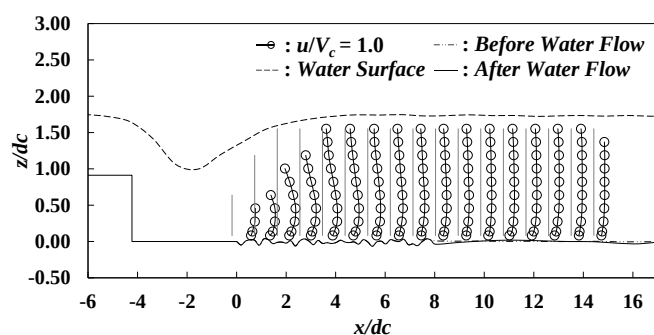
(a) $y/(B/2) = 0.00$ (b) $y/(B/2) = 0.75$

図2 水面形と河床形状，流速分布

に石組みを行うことによって，護床ブロックを設置する場合に必要とされる護床工設置長さの 59%程度となる長さで河床保護が可能となることが示した。

4. 水叩き下流側での時間平均流速分布

各測定断面での水叩きから河床再現区間までの流下方向成分の時間平均流速の鉛直方向分布について，水面形状および河床形状と合わせて図2に示している。また，水叩きから河床再現区間までの各測定断面 ($y/(B/2)=0.00, 0.75$) における底面付近 ($z/dc=0.08$) の時間平均流速 u_b の流下方向への変化を図3に示す。底面付近の時間平均流速の流下方向に対しての変化に着目すると，護床保護区間では底面付近の流速が減衰し，河床再現区間では，流速の大きさはほぼ一定である。この傾向は， $y/(B/2) = 0.00, 0.75$ に共通している。各測定断面の主流（最大流速）の位置の流下方向の変化を図4に示す。主流の位置に着目すると，水路中央 ($y/(B/2)=0.00$) では，各断面において，側壁付近 ($y/(B/2)=0.75$) と比較して主流の昇がしやすい傾向が示される。すなわち，水叩き下流で主流が上昇する状態で3次元的な流れの形成が生じているものと考えられる。いずれにしても，河床低下につながる流れにはならない。

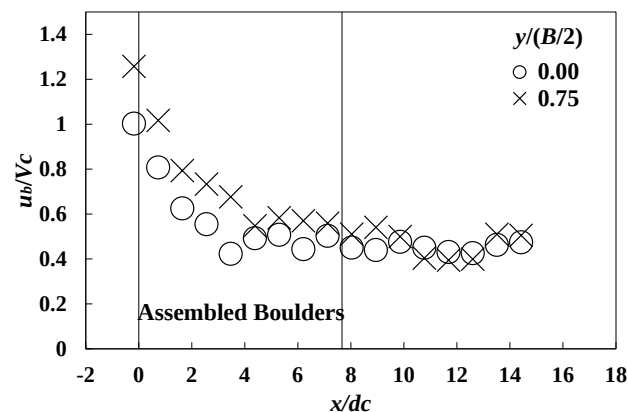


図3 底面付近の時間平均流速の流下方向変化

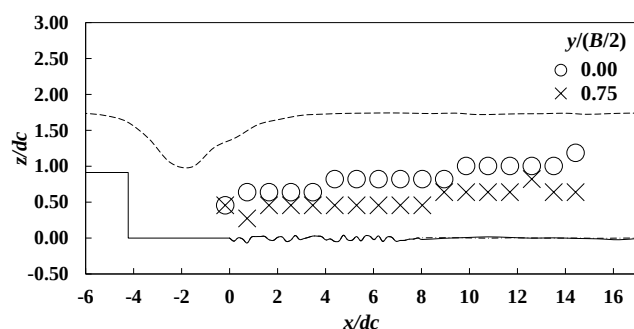


図4 主流位置の流下方向変化

5. まとめ

固定堰における水叩き下流側で生じる河床低下への対策として，有効とされる石組みを用いた場合について，流量規模が大きい場合に必要となる石組み設置区間について，表1に示す実験条件の下，実験的に検討を行った。その結果，従来の護床工長さの59%に大礫（原型では巨礫）による石組みを設置することで河床が保護されることを示した。

参考文献

- (財)国土開発技術研究センター編：改定 解説・河川管理施設等構造令，pp.171-173；222，（社）日本河川協会，山海堂，2000。
- Yasuda, Y., Shinozaki, R., Flow characteristics of hydraulic jumps below low drop structures, 12th International Symposium on Eco hydraulics, Japan, Tokyo, August 2018.
- 安田陽一，篠崎遼太：落差直下流部に形成される跳水内部の流速特性に対する落差形状の影響，水工学論文集，63巻，2018。
- 安田陽一，鈴木俊太郎：可動堰のコンクリート水叩き下流側の洗堀に対する支柱の影響，令和4年度日本大学学術研究報告会，土 2-7，CD-ROM，December, 2022。